

# Nakliye Konteynerlerinin Enerji Verimliliği Bağlamında Yeniden Kullanımı: Duvar Konfigürasyonlarını Belirlemek Üzere Bir Yaşam Döngüsü Değerlendirme Örneği<sup>1</sup>

Reuse of Shipping Containers in the Context of Energy Efficiency: A Life Cycle Assessment  
Example to Determine Wall Configurations

Naide Sevim Koşan 

Doktora Öğrencisi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye

Figen Beyhan 

Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye

\* Corresponding author: naide.kosan@gazi.edu.tr

Geliş Tarihi / Received: 07.10.2024  
Kabul Tarihi / Accepted: 20.11.2024

Araştırma Makalesi/Research Article  
DOI: 10.5281/zenodo.14227499

## ÖZET

Yük taşımacılığı görevini tamamlayan nakliye konteynerlerinin, prefabrik ve modüler yapı birimi olarak fabrikada uyarlanarak mimaride yeniden kullanılması, son dönemlerde sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Ancak, üretimlerinden kaynaklanan birtakım özellikler, fabrikada uyarlanmasında alınacak kararların önemine işaret etmektedir. Ayrıca, “atık yönetimi” ve “kaynak korunumu” sağlamak temelinde gelişen bu çözüm ile maksimum “çevresel fayda” sağlayabilmek için; uyarlanmasında ihtiyaç duyulan ek yapı malzemelerine ait çevresel etkilerin incelenmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, çalışmada; Samsun’da uygulanacak konteyner konutlarda kullanmak üzere, farklı montaj senaryoları ile oluşturulmuş konteyner duvar konfigürasyonları, çevresel tercih edilebilirlik açısından karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma, karar vericilerin alternatif eylem biçimleri arasında seçim yaparken tüm önemli çevresel etkileri karşılaştırabilmeye yardımcı olan “yaşam döngüsü değerlendirme” yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bunun için, öncelikle; kullanılacak yapı malzemeleri “Ecoinvent 3.8” veri tabanından seçilmiş, dağıtım yöntemleri kontrol edilerek varsa eksiklikler eklenmiş ve farklılıklar uyarlanmıştır. Ardından, farklı montaj senaryoları oluşturulmuştur. Daha sonra, düzenlenen tüm yapı malzeme verileri, aynı işlev temelini sağlayan montaj senaryolarındaki işlevsel birim ile ilişkilendirilmiştir. Bu doğrultuda; TS 825’e göre uygulanacağı derece gün bölgesi için duvar elemanının sağlaması gereken asgari limit esas alınarak, her bir senaryoda kullanılacak yapı malzeme kalınlıklarının hesaplanması ve m<sup>2</sup> dönüşümleri ile miktarları belirlenmiştir. Son olarak; montaj senaryoları ile oluşturulan mimari konfigürasyonların tümünün, “SimaPro PhD 9.4.0.2” yazılım aracı bünyesindeki “ReCiPe 2016 V1.07” yöntemi ile iki farklı düzeyde etki değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda, hem en düşük çevresel etkiyi sağlayarak en iyi performansı gösteren konteyner duvar konfigürasyonu elde edilmiş hem de bu konfigürasyonun nicel olarak çevreye etkileri belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarının, kabuk tasarımlarında yaşam döngüsü değerlendirmesinin önemi konusunda farkındalığı artırması beklenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Yaşam Döngüsü Değerlendirme, Nakliye Konteynerleri, Atık Yönetimi, Kaynak Korunumu, Yeniden Kullanım

<sup>1</sup>Bu araştırma, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü birinci yazara ait devam etmekte olan "Doktora Tezi" çalışmasından üretilmiştir. Çalışma, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından “FDK-2022-7876” kodlu ve “Nakliye konteynerlerinin enerji verimliliği bağlamında yeniden kullanımını öngören bir model önerisi” başlıklı proje ile desteklenmektedir.

## ABSTRACT

The reuse of shipping containers, which have completed their task of freight transportation, as prefabricated and modular building units, by adapting them in the factory and reusing them in architecture has been frequently encountered recently. However, a number of features arising from their production indicate the importance of the decisions to be taken in their adaptation in the factory. In addition, in order to provide maximum “environmental benefit” with this solution developed on the basis of providing “waste management” and “resource conservation”, the environmental effects of additional building materials needed in their adaptation should be examined. Accordingly, in this study, container wall configurations created with different assembly scenarios for use in container houses to be implemented in Samsun were compared in terms of environmental preferability. The comparison was carried out with the “life cycle assessment” method, which helps decision makers to compare all important environmental impacts when choosing between alternative courses of action. For this, first of all; the construction materials that can be used were selected from the “Ecoinvent 3.8” database, distribution methods were checked, deficiencies, if any, were added and differences were adapted. Then, different assembly scenarios were created. Then, all the arranged construction material data were associated with the functional unit in the assembly scenarios that provide the same functional basis. In this direction; based on the minimum limit that the wall element should provide for the degree day zone where it will be applied according to TS 825, the building material thicknesses to be used in each scenario were calculated and their quantities were determined with m<sup>2</sup> conversions. Finally; the impact assessment of all the architectural configurations created with the assembly scenarios was carried out at two different levels with the “ReCiPe 2016 V1.07” method within the “SimaPro PhD 9.4.0.2” software tool. At the end of the study, both the container wall configuration that provides the best performance by providing the lowest environmental impact was obtained and the quantitative environmental impacts of this configuration were determined. The study results are expected to increase awareness of the importance of life cycle assessment in shell designs.

**Keywords:** Life Cycle Assessment, Shipping Containers, Waste Management, Resource Conservation, Reuse

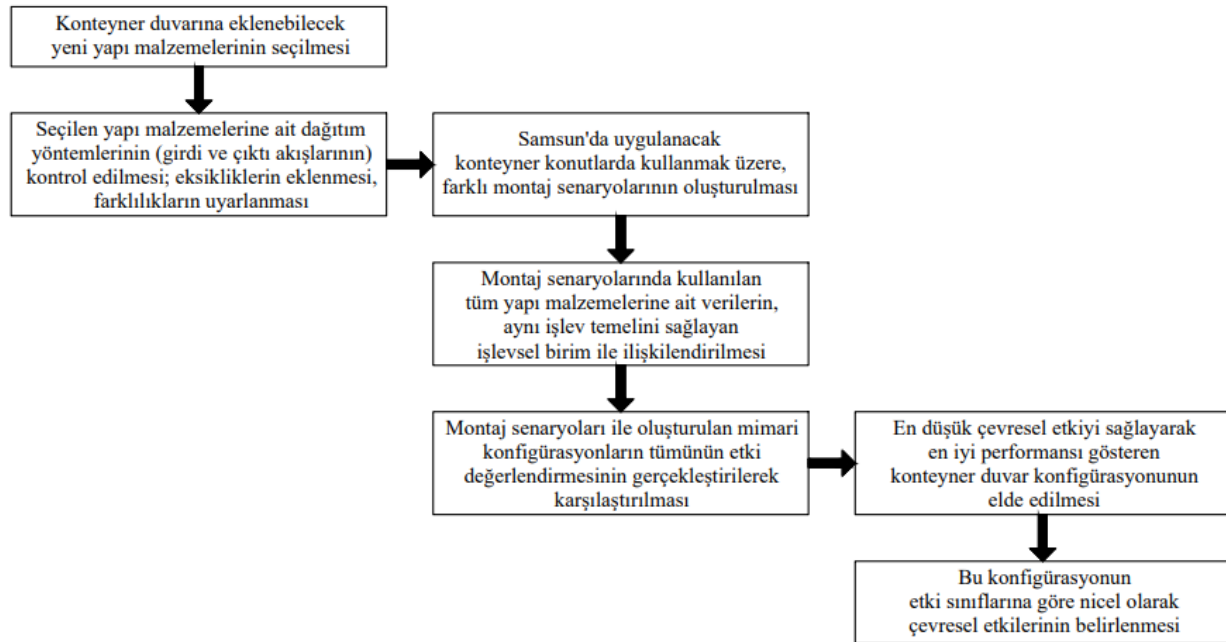
## 1. GİRİŞ

Endüstriyel gelişmeler sonucunda ülkeler arası ticaretin artış göstermesi; güvenli yük taşımacılığını sağlayan nakliye konteynerlerinin üretimini yaygınlaştırmıştır. Ancak, ticaret sisteminin doğrusal süreci; yoğun ithalat yapan ülkelerde boş konteynerin yığılmasına, yoğun ihracat yapan ülkelerde de boş konteyner ihtiyacının doğmasına neden olmaktadır (Çağlar ve Esmer, 2015; Moore vd., 2015; Kamazaraly vd., 2017). Kullanım ömürlerini tamamlayarak atık durumuna gelen bu endüstriyel birimlerin neden olduğu “atık yönetimi” problemine (Peña ve Schuzer, 2012; Rodriguez vd., 2013: 239) çözüm olarak; “kaynak korunumu”nu sağlamak ve bu birimlere yeni bir kullanım ömrü kazandırmak üzere prefabrik ve modüler yapı birimi olarak fabrikada uyarlanarak mimaride yeniden kullanılması, son dönemlerde sıklıkla karşımıza çıkmaktadır (İslam vd., 2016; Dara vd., 2019; Bertolini ve Guardigli, 2020; Satola vd, 2020). Ancak, esas kullanım amacı yük taşımacılığı olan nakliye konteynerlerinin üretimlerinden kaynaklı sahip olduğu birtakım özellikler (örneğin; kabuk kalınlığının ince olması, monokok yapıda olması, toksisite durumu) (Sevim Koşan ve Beyhan, 2023), fabrikada uyarlanmasında alınacak kararların önemine işaret etmektedir. Ayrıca, “atık yönetimi” ve “kaynak korunumu” sağlamak temelinde gelişen bu çözüm ile maksimum “çevresel fayda” sağlayabilmek için; konteyner birimlerin fabrika ortamında uyarlanmasında ihtiyaç duyulan ek yapı malzemelerine ait çevresel etkilerin incelenmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, çalışmada; farklı montaj senaryoları ile oluşturulmuş konteyner duvar konfigürasyonları, çevresel tercih edilebilirlik açısından karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın ana hedefi; hem tek katlı hem de çok katlı konteyner konut yapılarında kullanılmak üzere, prefabrik ve modüler yapı birimi olarak fabrika ortamında üretilen nakliye konteynerleri için, insan sağlığına ve çevreye (ekosistemler ve kaynaklar) en az etkisi olacak duvar konfigürasyonunu seçmektir. Çalışma, nakliye konteynerinin bir yapı birimi olarak kullanımını doğrudan teşvik etmemekle birlikte; Samsun ili üzerinden Türkiye’deki olası kullanımları için en uygun duvar konfigürasyonunun belirlenmesine katkı sağlamaktadır.

## 2. YÖNTEM

Çalışma, karar vericilerin alternatif eylem biçimleri arasında seçim yaparken tüm önemli çevresel etkileri karşılaştırabilmeyi sağlayan ve karşılaştırma amaçlı göreceli bir araç olarak kullanılan (Curran, 2008) “yaşam döngüsü değerlendirme (YDD)” yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda, çalışma amacı doğrultusunda uygulanan YDD yöntemi çerçevesi, Şekil 1’de belirtilen aşamalar altında kurgulanmıştır.



Şekil 1. Çalışmada uygulanan yöntem aşamaları

Çalışmada, ilk olarak; konteyner duvarına eklenebilecek yeni yapı malzemeleri seçilmiştir. Bunun için, yapı malzemelerine ait çevresel verileri içeren “Ecoinvent 3.8” veri tabanından yararlanılmış; bu veri tabanı içinden konteyner yapıların kabuk tasarımında kullanımı en çok tercih edilen yapı malzemeleri belirlenmiştir. Zamansal kapsam olarak, 2021 yılına ait ve 2025 yılına kadar güncelliğini koruyacak yapı malzemeleri verileri kullanılmıştır. Sistem sınırı olarak ise, “ham madde çıkarılması” ve “(sadece ürün imalatı sürecini kapsayan) üretim” evrelerine ait birim işlem verileri esas alınmıştır.

Seçilen yapı malzemelerinin sistem sınırı dahilindeki birim işlemlerde yer alan; “malzeme (ham madde / kaynaklar)”, “enerji” ve “su” girdi akışları ile “hava, su ve toprağa salımlar” ve “katı / sıvı esaslı atıklar” çıktı akışlarını içeren dağıtım yöntemleri kontrol edilerek; varsa eksiklikler eklenmiş ve farklılıklar uyarlanmıştır.

Yapı malzemelerine ait verilerin düzenlenmesinin ardından; Samsun'da uygulanacak konteyner konutlarda kullanılmak üzere, farklı montaj senaryoları oluşturulmuştur.

Oluşturulan montaj senaryolarının birbiri ile karşılaştırmanın sağlanması üzere; montaj senaryolarında kullanılan tüm yapı malzemelerine ait veriler, aynı işlev temelini sağlayan işlevsel birim ile ilişkilendirilmiştir. Çalışmada kullanılan işlevsel birimin; aynı yüzey alanına sahip olacak şekilde, “sağlaması gereken en düşük ısı direnç (R) değerini gerçekleştiren 1m<sup>2</sup> duvar yüzeyi” olduğu kabul edilmiştir. Bu doğrultuda, günümüzde Türkiye’de yeni inşa edilen ve iyileştirilen binaların ısı yalıtım kurallarını belirten TS 825 (TSE, 2013) standardına göre, uygulanacağı derece gün bölgesi için sağlaması gereken ısı geçirgenlik katsayısı (U) değeri esas alınarak; her bir senaryoda kullanılacak yapı malzeme kalınlıklarının hesaplanması ve m<sup>2</sup> dönüşümleri ile miktarları belirlenmiştir.

Son olarak; montaj senaryoları ile oluşturulan mimari konfigürasyonların tümünün, “SimaPro PhD 9.4.0.2” yazılım aracı bünyesindeki “ReCiPe 2016 V1.07” yöntemi ile iki farklı düzeyde etki değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda; öncelikle, oluşturulan tüm montaj senaryolarının sınıf uç noktalarına ve temsili tek puan şeklinde toplam etki değerlerine göre etki değerlendirmesini sağlamak üzere “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” kullanılmıştır. Bu etki değerlendirme ile; “insan sağlığı”, “ekosistemler” ve “kaynaklar” başlıklarındaki sınıf uç noktalarına göre sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca, en düşük çevresel etkiyi sağlayarak en iyi performansı gösteren konteyner duvar konfigürasyonunun elde edilmesinde yardımcı olan “temsili tek puan” şeklindeki toplam etki değerleri sonuçlarına ulaşılmıştır. Sonrasında, en düşük çevresel etkiyi sağlayan bu konfigürasyonun etki sınıflarına göre nicel olarak çevresel etkilerini belirlemek üzere “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” kullanılmıştır. Bu etki değerlendirme ile de; “küresel ısınma”, “stratosferdeki ozon tükenimi”, “iyonlaştırıcı radyasyon”, “ozon oluşumu, insan sağlığı”, “ince parçacıklı madde oluşumu”, “ozon oluşumu, karasal ekosistemler”, “karasal asitleşme”, “temiz sudaki ötrofikasyon”, “denizdeki ötrofikasyon”, “karasal ekolojik zehirlenme”, “temiz sudaki ekolojik zehirlenme”, “denizdeki ekolojik zehirlenme”, “insan için kanserojen kirlilik”, “insan için kanserojen olmayan kirlilik”, “arazi kullanımı”, “maden kaynağı kıtlığı”, “fosil kaynak kıtlığı”, “su tüketimi” başlıklarındaki etki sınıflarına göre sonuçlar elde edilmiştir.

### 3. DENEYSEL ÇALIŞMA

#### 3.1. Konteyner Duvarına Eklenebilecek Yeni Yapı Malzemelerinin Seçimi ve Verilerin Düzenlenmesi

DeneySEL çalışma için konteyner duvar elemanı, üç katman şeklinde ele alınmıştır: “iç kaplama”, “dış kaplama” ve “yalıtım”. Bu doğrultuda; “Ecoinvent 3.8” veri tabanı içinden, her bir katmanda kullanılabilecek yapı malzeme çeşitleri belirlenmiştir (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Konteyner duvarına eklenmek üzere “Ecoinvent 3.8” veri tabanı içinden seçilen yapı malzemeleri

Katmanlar	Yapı Malzemeleri	Veri Tabanı Birimi
İç Kaplamalar	Akrilik reçine esaslı su bazlı boya kaplama	kg
	Boya astarı / Perdah alçı sıva	kg
	Çimentolu yonga levha	m <sup>3</sup>
	Alçı levha	kg
	Ahşap kontrplak levha	m <sup>3</sup>
	Yönlendirilmiş yonga levha (OSB)	m <sup>3</sup>
	Doğal taş (granit) kaplama, topraklı	kg
	Akrilik dispersiyon esaslı yapıştırıcı	kg
	Ahşap karkas çerçeve	m <sup>3</sup>
Dış Kaplamalar	Toz boya kaplama	kg
	Alkid reçine esaslı solvent bazlı boya kaplama	kg
Yalıtımlar	Poliüretan köpük yalıtım, sprey / yerinde köpürme	kg
	Ekstrüde polistiren sert köpük (XPS) yalıtım, (HFC-134a şişirilmiş)	kg
	Expand polistiren sert köpük (EPS) yalıtım	kg
	Expand polistiren sert köpük (EPS) yalıtım, (grafitli, %6 geri dönüştürülmüş)	kg

Katmanlar	Yapı Malzemeleri	Veri Tabanı Birimi
	Cam yünü yalıtım, örtü / şilte	kg
	Taş yünü yalıtım, levha	kg
	Etil vinil asetat (EVA), folyo	kg

Seçilen yapı malzemelerine ait veriler incelendiğinde, bazı yapı malzemelerinin dağıtım yöntemlerinde eksiklikler olduğu görülmüştür. Bu doğrultuda, yapı malzeme verilerinin içindeki eksik olan bu veriler eklenmiştir (Çizelge 2).

### Çizelge 2. Dağıtım yöntemlerinde eksiklik olan yapı malzemeleri ve eklenen malzemeler

Dağıtım Yöntemlerinde Eksiklik Olan Yapı Malzemeleri	Eklenen Malzemeler
Akrilik reçine esaslı su bazlı boya kaplama	Su
Boya astarı / Perdah alçı sıva	Su
Akrilik dispersiyon esaslı yapıştırıcı	Su
Alkid reçine esaslı solvent bazlı boya kaplama	Solvent (terebentin / turpentin)

Ayrıca; seçilen tüm yapı malzemelerinin dağıtım yöntemlerinde yer alan enerji ve su verileri, Türkiye ortalaması olan enerji ve su verileri ile değiştirilerek uyarlanmıştır.

### 3.2. Konteyner Duvar Elemanına Ait Montaj Senaryolarının Oluşturulması ve Karşılaştırmalı Değerlendirmesi

Konteyner duvar elemanına ait montaj senaryoları oluştururken belirli varsayımlar yapılmıştır:

- Nakliye konteynerlerinin yapısal olarak monokok yapıda olmalarından kaynaklı, bütün senaryolarda; iskelet ve dış kabuk, bir bütün halinde ele alınmıştır. Bu doğrultuda, konteyner çelik duvar panellerinin korunarak yeniden kullanıldığı varsayılmıştır. Bu nedenle, mevcuttaki bu malzemenin üretimindeki çevresel etkiler hiçbir senaryoda hesaba katılmamıştır.
- Konteyner modüllerin birbirine montajını sağlayacak olan özel köşe bağlantı elemanlarının (örneğin; çift uçlu büküm kilidi, manşon) kullanılabilmesini sağlamak, elektrik ve sıhhi gibi genel tesisatlarını yalıtım veya diğer duvar katmanları içinde gizleyebilmek, toksisite durumundan kaynaklı konteynerin iç yüzeyindeki kimyasallara bariyer oluşturabilmek için; ısı yalıtım katmanı, tüm senaryolarda iç yalıtım şeklinde kurgulanmıştır.
- Yoğuşma riskine karşın; ısı yalıtım malzeme montajlarının, konteyner duvarının iç yüzeyine yapışık olacak şekilde yapıldığı varsayılarak, sonrasında ise gerektiği durumda (ısı yalıtım malzemesinin buhar yalıtımı sağlama özelliği olmaması durumunda) buhar / nem yalıtımı uygulanmıştır. Ayrıca, çivi gibi elemanlar ile gerçekleştirilecek montajların; oluşabilecek herhangi bir buhar / nem sızıntısını önlemek üzere, ek olarak uygulanacak bir karkas çerçeve (örneğin; ahşap karkas çerçeve) üzerine gerçekleştirildiği varsayılmıştır.
- Oluşturulacak montaj senaryolarında, “1 m<sup>2</sup> duvar yüzeyinde 2 adet 10 (en) x 100 (boy) x 10 (yükseklik) cm boyutlarında dikey, 2 adet 10 (en) x 100 (boy) x 10 (yükseklik) cm boyutlarında yatay ve 1 adet 10 (en) x 140 (boy) x 10 (yükseklik) cm boyutlarında çapraz olmak üzere toplamda 5 adet ahşap karkas malzeme bulunduğu” varsayılmıştır.

Konteyner kabuğuna eklenecek yeni yapı malzemelerinin etki değerlendirmesini gerçekleştirmek üzere ele alınacak duvar elemanı, Çizelge 1’de belirtilen yapı malzemeleri ile birçok farklı konfigürasyon ve farklı montaj senaryoları oluşturabilmektedir. Bu nedenle, montaj senaryolarını oluştururken sistematik bir yol izlenmiştir. Önce dış kaplama ve yalıtım katmanları sabit tutularak (tüm montaj senaryolarında aynı dış kaplama ve yalıtım malzemeleri kullanıldığı varsayılarak) değerlendirme gerçekleştirilmiş; böylelikle, en düşük çevresel etkiyi sağlayan iç kaplama katmanları kesinleştirilmiştir. Ardından, yalıtım ve en düşük çevresel etkiyi sağlayan bu iç kaplama katmanları sabit tutularak (tüm montaj senaryolarında aynı iç kaplama ve yalıtım malzemeleri kullanıldığı

varsayılarak) yapılan değerlendirme ile, en düşük çevresel etkiyi sağlayan dış kaplama katmanları belirlenmiştir. Daha sonra, en düşük çevresel etkiyi sağlayan bu iç ve dış kaplama katmanları sabit tutularak son bir değerlendirme gerçekleştirilmiş; böylelikle, en düşük çevresel etkiyi sağlayan yalıtım katmanı belirlenmiştir.

Montaj senaryolarında kullanılması üzere “Ecoinvent 3.8” veri tabanı içinden seçilerek uyarlanan yapı malzemelerine ait veri tabanı birimleri birbirinden farklıdır (Çizelge 1). Her bir montaj senaryosunun birbiri ile karşılaştırmasının sağlanması için ise; senaryoları oluşturan mimari konfigürasyonlar içerisinde kullanılan tüm yapı malzemelerine ait bu birimlerin, işlevsel birim ile ilişkilendirilerek işlevsel birim başına verilerin elde edilmesi ( $m^2$  dönüşümü) gerekmektedir. “Akrilik dispersiyon esaslı yapıştırıcı” ve “toz boya kaplama” malzemeleri için bu değer bellidir. Ancak, “çimentolu yonga levha”, “ahşap kontrplak levha”, “yönlendirilmiş yonga levha (OSB)”, “ahşap karkas çerçeve” malzemeleri için malzeme kalınlığı; “akrilik reçine esaslı su bazlı boya kaplama”, “alkid reçine esaslı solvent bazlı boya kaplama” malzemeleri için kaplama alanı ve yoğunluk; “boya astarı / perdah alçı sıva”, “alçı levha”, “doğal taş (granit) kaplama, topraklı”, “poliüretan köpük yalıtım, sprey / yerinde köpürme”, “etil vinil asetat (EVA), folyo”, “ekstrüde polistiren sert köpük (XPS) yalıtım, (HFC-134a şişirilmiş)”, “expande polistiren sert köpük (EPS) yalıtım”, “expande polistiren sert köpük (EPS) yalıtım, (grafitli, %6 geri dönüştürülmüş)”, “cam yünü yalıtım, örtü / şilte”, “taş yünü yalıtım, levha” malzemeleri için malzeme kalınlığı ve yoğunluk bilgilerinden yararlanılmıştır. Kaplama alanı ve yoğunluk bilgileri her malzeme için bellidir, ancak malzeme kalınlığının işlevsel birime (sağlaması gereken en düşük R değerini gerçekleştiren  $1m^2$  duvar yüzeyi) göre hesaplanması gerekmektedir. Bunun için, öncelikle; TS 825 (TSE, 2013)’e göre uygulanacağı bölgedeki (Samsun: 2. derece gün bölgesi) konteyner kabuğunu oluşturan duvar elemanı için sağlanması gereken (en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen) U değeri esas alınmıştır (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** TS 825 standardına göre, 2. derece gün bölgesinde uygulanacak yapılar için belirlenen duvar U değeri (TSE, 2013; Altun vd., 2020)

Derece Gün Bölge Adı	U <sub>duvar</sub> (W / m <sup>2</sup> K)
2.Bölge	0,57
U <sub>duvar</sub> : Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı	

Çizelge 3’te belirtilen U değeri, konteyner kabuğundaki duvar elemanı için oluşturulan her bir montaj senaryosunun sağlanması gerektiği toplam U değerini göstermektedir. Çalışmada, bakılması gereken diğer özellik ise U değeri ile bağlantılı olan ve aşağıda yer alan R değeri ifadesidir;

$$R = 1 / U \quad (1)$$

$$R = d / \lambda \quad (2)$$

Bu denklemlerde,  $\lambda$  ısı iletkenlik katsayısı değerini,  $d$  ise malzeme kalınlığı değerini göstermektedir.

Denklem (1) yardımı ile, montaj senaryolarının sağlanması gereken (en düşük değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen) toplam R değeri (1,754) elde edilmiştir. Sonrasında, denklem (2) yardımı ile, montaj senaryoları içinde kullanılan her bir yapı malzemesinin  $d$  ve  $\lambda$  bilgilerine dayanarak ayrı ayrı sağlanması gereken R değerleri bulunmuştur.  $\lambda$  bilgisi, her malzeme için farklı olacak şekilde sabit değerdendir. Bu doğrultuda, montaj senaryolarında kullanılan her bir yapı malzemesine ait olması gereken  $d$  ve sağlanması gereken R değerleri birbiri ile doğrudan ilişkili olacak şekilde hesaplanmıştır. Bu hesaplamada, montaj senaryolarının sağlanması gereken toplam R değerini karşılamış olmasına dikkat edilmiştir. Daha sonra, her bir senaryoda kullanılacak yapı malzeme kalınlıklarının hesaplanması ve  $m^2$  dönüşümleri ile miktarlarının belirlenmesi sonucunda, duvardaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için Çizelge 4’te altı farklı montaj senaryosu oluşturulmuştur.

**Çizelge 4.** Duvar iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekândan dış mekana doğru)

No	Duvar Katmanları	m <sup>2</sup> Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)	U (W/m <sup>2</sup> K)
1	Akrilik Reçine Esaslı Su Bazlı Boya Kaplama <sup>1</sup> 2 kat olarak uygulanmıştır.	0,151 kg/m <sup>2</sup>	1,35 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Kaplama malzemesi olarak kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			0,57
	Boya Astarı / Perdah Alçı Sıva <sup>2</sup>	3,700 kg/m <sup>2</sup>	1000 kg/m <sup>3</sup>	0,0037	0,340	0,011	
	Çimentolu Yonga Levha <sup>3</sup>	0,024 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	1350 kg/m <sup>3</sup>	0,024	0,160	0,152	
	Ahşap Karkas Çerçeve <sup>4</sup> (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	0,054 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanılmıştır.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme <sup>5</sup>	0,875 kg/m <sup>2</sup>	25 kg/m <sup>3</sup>	0,035*	0,022	1,591	
	Toz Boya Kaplama <sup>6</sup> 1 kat olarak uygulanmıştır.	0,125 kg/m <sup>2</sup>	1,35 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli <sup>7</sup>	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Toz Boya Kaplama <sup>6</sup> 2 kat olarak uygulanmıştır.	0,250 kg/m <sup>2</sup>	1,35 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
Toplam (İç katmanlar)				0,163	-	1,754	
2	Akrilik Reçine Esaslı Su Bazlı Boya Kaplama <sup>1</sup> 2 kat olarak uygulanmıştır.	0,151 kg/m <sup>2</sup>	1,35 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Kaplama malzemesi olarak kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			0,57
	Boya Astarı / Perdah Alçı Sıva <sup>2</sup>	6,500 kg/m <sup>2</sup>	1000 kg/m <sup>3</sup>	0,0065	0,340	0,019	
	Alçı Levha <sup>8</sup> 2 kat (1,8 cm + 1,8 cm) olarak uygulanmıştır.	29,700 kg/m <sup>2</sup>	825 kg/m <sup>3</sup>	0,036	0,250	0,144	
	Ahşap Karkas Çerçeve <sup>4</sup> (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	0,054 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanılmıştır.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme <sup>5</sup>	0,875 kg/m <sup>2</sup>	25 kg/m <sup>3</sup>	0,035*	0,022	1,591	
	Toz Boya Kaplama <sup>6</sup> 1 kat olarak uygulanmıştır.	0,125 kg/m <sup>2</sup>	1,35 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli <sup>7</sup>	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Toz Boya Kaplama <sup>6</sup> 2 kat olarak uygulanmıştır.	0,250 kg/m <sup>2</sup>	1,35 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
Toplam (İç katmanlar)				0,178	-	1,754	
3	Ahşap Kontrplak Levha <sup>9</sup>	0,021 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	620 kg/m <sup>3</sup>	0,021	0,130	0,163	0,57
	Ahşap Karkas Çerçeve <sup>4</sup> (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	0,054 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanılmıştır.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme <sup>5</sup>	0,875 kg/m <sup>2</sup>	25 kg/m <sup>3</sup>	0,035*	0,022	1,591	
	Toz Boya Kaplama <sup>6</sup> 1 kat olarak uygulanmıştır.	0,125 kg/m <sup>2</sup>	1,35 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli <sup>7</sup>	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Toz Boya Kaplama <sup>6</sup> 2 kat olarak uygulanmıştır.	0,250 kg/m <sup>2</sup>	1,35 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
Toplam (İç katmanlar)				0,156	-	1,754	
4	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) <sup>10</sup> 2 kat (1,1 cm + 1 cm) olarak uygulanmıştır.	0,021 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	640 kg/m <sup>3</sup>	0,021	0,130	0,163	0,57
	Ahşap Karkas Çerçeve <sup>4</sup> (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	0,054 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanılmıştır.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme <sup>5</sup>	0,875 kg/m <sup>2</sup>	25 kg/m <sup>3</sup>	0,035*	0,022	1,591	
	Toz Boya Kaplama <sup>6</sup> 1 kat olarak uygulanmıştır.	0,125 kg/m <sup>2</sup>	1,35 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli <sup>7</sup>	-	-	0,002	42,700	0,000	
Toz Boya Kaplama <sup>6</sup> 2 kat olarak uygulanmıştır.	0,250 kg/m <sup>2</sup>	1,35 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.				

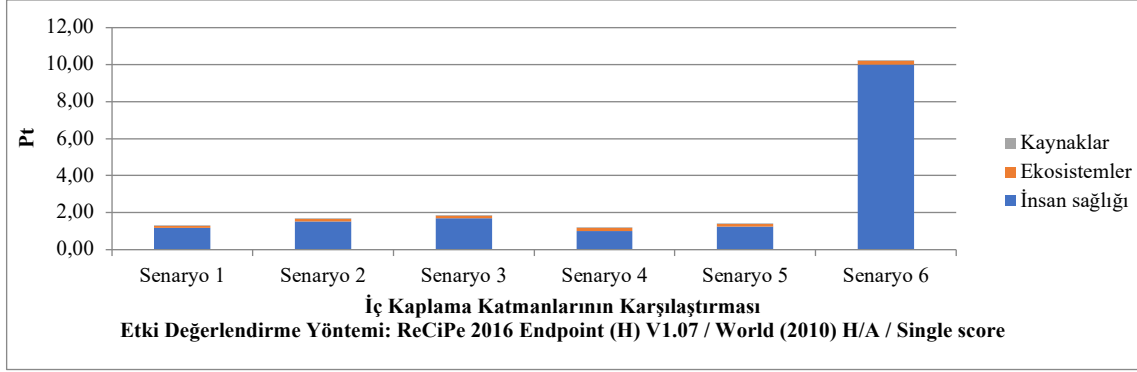
No	Duvar Katmanları	m <sup>2</sup> Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)	U (W/m <sup>2</sup> K)
	Toplam (İç katmanlar)			0,156	-	1,754	
5	Akrilik Reçine Esaslı Su Bazlı Boya Kaplama <sup>1</sup> 2 kat olarak uygulanmıştır.	0,151 kg/m <sup>2</sup>	1,35 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Kaplama malzemesi olarak kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			0,57
	Boya Astarı / Perdah Alçı Sıva <sup>2</sup>	6,100 kg/m <sup>2</sup>	1000 kg/m <sup>3</sup>	0,0061	0,340	0,018	
	Alçı Levha <sup>8</sup>	12,375 kg/m <sup>2</sup>	825 kg/m <sup>3</sup>	0,015	0,250	0,060	
	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) <sup>10</sup>	0,011 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	640 kg/m <sup>3</sup>	0,011	0,130	0,085	
	Ahşap Karkas Çerçeve <sup>4</sup> (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	0,054 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanılmıştır.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme <sup>5</sup>	0,875 kg/m <sup>2</sup>	25 kg/m <sup>3</sup>	0,035*	0,022	1,591	
	Toz Boya Kaplama <sup>6</sup> 1 kat olarak uygulanmıştır.	0,125 kg/m <sup>2</sup>	1,35 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli <sup>7</sup>	-	-	0,002	42,700	0,000	
Ahşap Karkas Çerçeve <sup>4</sup> (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	0,250 kg/m <sup>2</sup>	1,35 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.				
Toplam (İç katmanlar)			0,167	-	1,754		
6	Doğal Taş (Granit) Kaplama, Topraklı <sup>11</sup>	82,500 kg/m <sup>2</sup>	2750 kg/m <sup>3</sup>	0,030	2,850	0,102	0,57
	Akrilik Dispersiyon Esaslı Yapıştırıcı <sup>12</sup>	5,100 kg/m <sup>2</sup>	1,60 kg/l	0,003	(Belirlenmemiş performans) Çimentolu yonga levha üzerine doğal taş (granit) kaplayabilmek amacıyla kullanılmıştır.		
	Çimentolu Yonga Levha <sup>3</sup>	0,010 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	1350 kg/m <sup>3</sup>	0,010	0,160	0,061	
	Ahşap Karkas Çerçeve <sup>4</sup> (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	0,054 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanılmıştır.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme <sup>5</sup>	0,875 kg/m <sup>2</sup>	25 kg/m <sup>3</sup>	0,035*	0,022	1,591	
	Toz Boya Kaplama <sup>6</sup> 1 kat olarak uygulanmıştır.	0,125 kg/m <sup>2</sup>	1,35 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli <sup>7</sup>	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Toz Boya Kaplama <sup>6</sup> 2 kat olarak uygulanmıştır.	0,250 kg/m <sup>2</sup>	1,35 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
Toplam (İç katmanlar)			0,178	-	1,754		
Kaynaklar	<sup>1</sup> (Url-1)				<sup>10</sup> (Url-7)		
	<sup>2</sup> (Url-2)				<sup>11</sup> Yoğunluk ve malzeme kalınlık bilgisi (Ecoinvent 3.8), λ bilgisi (Kemaneci, 2019: 15)		
	<sup>3</sup> (Url-3)				<sup>12</sup> (Url-8)		
	<sup>4</sup> (Ecoinvent 3.8)				*Sağlaması gereken ısı direnç (R) değerine göre olması gereken minimum kalınlık (d) değeridir. Belirtilen bu kalınlıkta malzeme uygulaması olmasa da, YDD sonucunu etkileyeceği için bu şekilde kabul edilmiştir.		
	<sup>5</sup> Yoğunluk bilgisi (Ecoinvent 3.8), λ bilgisi (Arslan ve Aktaş, 2018)						
	<sup>6</sup> (Url-4)						
	<sup>7</sup> (Bowley ve Mukopadhyaya, 2019)						
	<sup>8</sup> (Url-5)						
	<sup>9</sup> Yoğunluk ve malzeme kalınlık bilgisi (Url-6), λ bilgisi (Sümer, 2019)						

Çizelge 4'te oluşturulan montaj senaryolarının, sınıf uç noktalarına ve temsili tek puan şeklinde toplam etki değerlerine göre ("ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H/A" yöntemi ile) karşılaştırmalı etki değerlendirme sonuçları Çizelge 5'te gösterilmiştir.

**Çizelge 5.** Duvardaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryolarının karşılaştırmalı etki değerlendirme sonuçları

Sınıf Uç Noktaları	Birim	Senaryo No					
		Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5	Senaryo 6
İnsan Sağlığı	Pt*	1,1762	1,5187	1,684	1,0212	1,2523	10,0141
	%	89,73	91,52	90,08	86,43	89,25	97,61
Ekosistemler	Pt	0,1209	0,1301	0,1699	0,1496	0,1398	0,1967
	%	9,23	7,84	9,09	12,66	9,96	1,92
Kaynaklar	Pt	0,0136	0,0107	0,0154	0,0107	0,0111	0,0479
	%	1,04	0,64	0,83	0,91	0,79	0,47
Toplam (Tek puan)	Pt	1,3108	1,6595	1,8694	1,1815	1,4032	10,2587
	%	100	100	100	100	100	100





\*Pt (Points): Çevresel etkiyi ifade etmek için kullanılan birimdir.

Temsili tek puan şeklinde belirtilen toplam etki değerleri sonuçlarına göre (Çizelge 5), en düşük çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 4 (1,1815 Pt), Senaryo 1 (1,3108 Pt), Senaryo 5 (1,4032 Pt), Senaryo 2 (1,6595 Pt), Senaryo 3 (1,8694 Pt), Senaryo 6 (10,2587 Pt) için gerçekleştiği görülmektedir. Bu doğrultuda; duvardaki dış kaplama katmanlarını ve yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan tüm montaj senaryolarında, Senaryo 4'teki iç kaplama malzemeleri kullanılmıştır.

Duvardaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için Çizelge 6'da dört farklı montaj senaryosu oluşturulmuştur.

**Çizelge 6.** Duvar dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

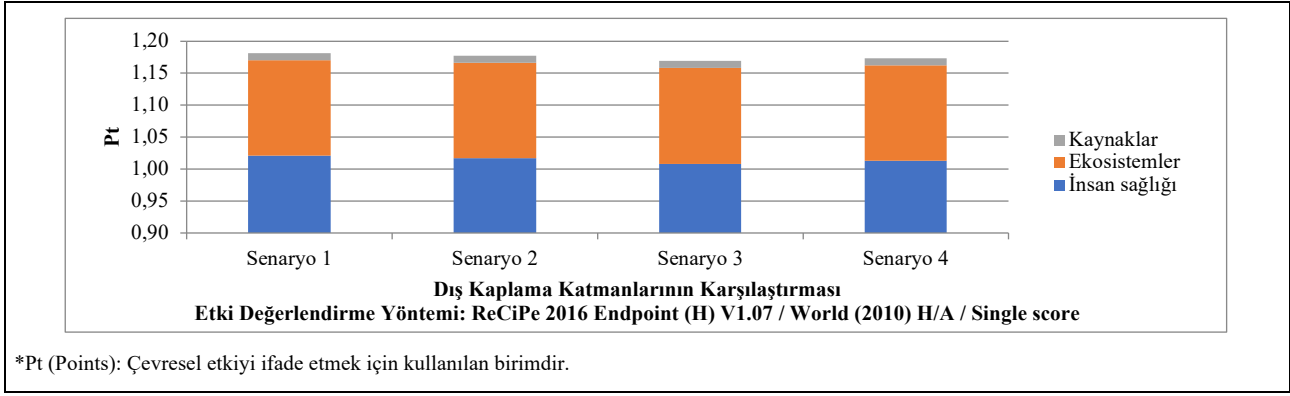
No	Duvar Katmanları	m <sup>2</sup> Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)	U (W/m <sup>2</sup> K)
1	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) <sup>1</sup> 2 kat (1,1 cm + 1 cm) olarak uygulanmıştır.	0,021 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	640 kg/m <sup>3</sup>	0,021	0,130	0,163	0,57
	Ahşap Karkas Çerçeve <sup>2</sup> (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	0,054 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanılmıştır.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme <sup>3</sup>	0,875 kg/m <sup>2</sup>	25 kg/m <sup>3</sup>	0,035*	0,022	1,591	
	Toz Boya Kaplama <sup>4</sup> 1 kat olarak uygulanmıştır.	0,125 kg/m <sup>2</sup>	1,35 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli <sup>5</sup>	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Toz Boya Kaplama <sup>4</sup> 2 kat olarak uygulanmıştır.	0,250 kg/m <sup>2</sup>	1,35 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
	<b>Toplam (İç katmanlar)</b>			0,156	-	1,754	
2	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) <sup>1</sup> 2 kat (1,1 cm + 1 cm) olarak uygulanmıştır.	0,021 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	640 kg/m <sup>3</sup>	0,021	0,130	0,163	0,57
	Ahşap Karkas Çerçeve <sup>2</sup> (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	0,054 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanılmıştır.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme <sup>3</sup>	0,875 kg/m <sup>2</sup>	25 kg/m <sup>3</sup>	0,035*	0,022	1,591	
	Toz Boya Kaplama <sup>4</sup> 1 kat olarak uygulanmıştır.	0,125 kg/m <sup>2</sup>	1,35 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli <sup>5</sup>	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Toz Boya Kaplama <sup>4</sup> 1 kat olarak uygulanmıştır.	0,125 kg/m <sup>2</sup>	1,35 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama <sup>6</sup> 1 kat olarak uygulanmıştır.	0,150 kg/m <sup>2</sup>	1,20 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Toz boya kaplamanın korunması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
<b>Toplam (İç katmanlar)</b>			0,156	-	1,754		

No	Duvar Katmanları	m <sup>2</sup> Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)	U (W/m <sup>2</sup> K)	
3	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) <sup>1</sup> 2 kat (1,1 cm + 1 cm) olarak uygulanmıştır.	0,021 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	640 kg/m <sup>3</sup>	0,021	0,130	0,163	0,57	
	Ahşap Karkas Çerçeve <sup>2</sup> (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	0,054 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanılmıştır.			
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerde Köpürme <sup>3</sup>	0,875 kg/m <sup>2</sup>	25 kg/m <sup>3</sup>	0,035*	0,022	1,591		
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama <sup>6</sup> 1 kat olarak uygulanmıştır.	0,150 kg/m <sup>2</sup>	1,20 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.				
	Konteyner Çelik Duvar Paneli <sup>5</sup>	-	-	0,002	42,700	0,000		
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama <sup>6</sup> 2 kat olarak uygulanmıştır.	0,300 kg/m <sup>2</sup>	1,20 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.				
	<b>Toplam (İç katmanlar)</b>			0,156	-	1,754		
4	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) <sup>1</sup> 2 kat (1,1 cm + 1 cm) olarak uygulanmıştır.	0,021 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	640 kg/m <sup>3</sup>	0,021	0,130	0,163	0,57	
	Ahşap Karkas Çerçeve <sup>2</sup> (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	0,054 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanılmıştır.			
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerde Köpürme <sup>3</sup>	0,875 kg/m <sup>2</sup>	25 kg/m <sup>3</sup>	0,035*	0,022	1,591		
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama <sup>6</sup> 1 kat olarak uygulanmıştır.	0,150 kg/m <sup>2</sup>	1,20 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.				
	Konteyner Çelik Duvar Paneli <sup>5</sup>	-	-	0,002	42,700	0,000		
	Toz Boya Kaplama <sup>4</sup> 1 kat olarak uygulanmıştır.	0,125 kg/m <sup>2</sup>	1,35 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.				
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama <sup>6</sup> 1 kat olarak uygulanmıştır.	0,150 kg/m <sup>2</sup>	1,20 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Toz boya kaplamanın korunması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.				
<b>Toplam (İç katmanlar)</b>			0,156	-	1,754			
Kaynaklar	<sup>1</sup> (Url-7)	<sup>6</sup> (Url-9)						
	<sup>2</sup> (Ecoinvent 3.8)	*Sağlaması gereken ısı direnç (R) değerine göre olması gereken minimum kalınlık (d) değeridir. Belirtilen bu kalınlıkta malzeme uygulaması olmasa da, YDD sonucunu etkileyeceği için bu şekilde kabul edilmiştir.						
	<sup>3</sup> Yoğunluk bilgisi (Ecoinvent 3.8), λ bilgisi (Arslan ve Aktaş, 2018)							
	<sup>4</sup> (Url-4)							
	<sup>5</sup> (Bowley ve Mukopadhyaya, 2019)							

Çizelge 6’da oluşturulan montaj senaryolarının, sınıf uç noktalarına ve temsili tek puan şeklinde toplam etki değerlerine göre (“ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H/A” yöntemi ile) karşılaştırmalı etki değerlendirme sonuçları Çizelge 7’de gösterilmiştir.

**Çizelge 7.** Duvardaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryolarının karşılaştırmalı etki değerlendirme sonuçları

Sınıf Uç Noktaları	Birim	Senaryo No			
		Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4
İnsan Sağlığı	Pt*	1,0212	1,017	1,0085	1,0128
	%	86,43	86,35	86,21	86,28
Ekosistemler	Pt	0,1496	0,1498	0,1501	0,1499
	%	12,66	12,72	12,83	12,78
Kaynaklar	Pt	0,0107	0,0109	0,0113	0,011
	%	0,91	0,93	0,96	0,94
Toplam (Tek puan)	Pt	1,1815	1,1777	1,1699	1,1738
	%	100	100	100	100



Temsili tek puan şeklinde belirtilen toplam etki değerleri sonuçlarına göre (Çizelge 7), en düşük çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 3 (1,1699 Pt), Senaryo 4 (1,1738 Pt), Senaryo 2 (1,1777 Pt), Senaryo 1 (1,1815 Pt) için gerçekleştiği görülmektedir. Bu doğrultuda; duvardaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan tüm montaj senaryolarında, Senaryo 3'teki dış kaplama malzemeleri kullanılmıştır.

Duvardaki yalıtım katmanlarını belirlemek için Çizelge 8'de altı farklı montaj senaryosu oluşturulmuştur.

**Çizelge 8.** Duvar yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Duvar Katmanları	m <sup>2</sup> Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)	U (W/m <sup>2</sup> K)
1	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) <sup>1</sup> 2 kat (1,1 cm + 1 cm) olarak uygulanmıştır.	0,021 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	640 kg/m <sup>3</sup>	0,021	0,130	0,163	0,57
	Ahşap Karkas Çerçeve <sup>2</sup> (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	0,054 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanılmıştır.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme <sup>3</sup>	0,875 kg/m <sup>2</sup>	25 kg/m <sup>3</sup>	0,035*	0,022	1,591	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama <sup>4</sup> 1 kat olarak uygulanmıştır.	0,150 kg/m <sup>2</sup>	1,20 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli <sup>5</sup>	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama <sup>4</sup> 2 kat olarak uygulanmıştır.	0,300 kg/m <sup>2</sup>	1,20 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
	<b>Toplam (İç katmanlar)</b>			0,156	-	1,754	
2	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) <sup>1</sup> 2 kat (1,1 cm + 1 cm) olarak uygulanmıştır.	0,021 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	640 kg/m <sup>3</sup>	0,021	0,130	0,163	0,57
	Ahşap Karkas Çerçeve <sup>2</sup> (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	0,054 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanılmıştır.		
	Etil Vinil Asetat (EVA), Folyo <sup>6</sup>	0,282 kg/m <sup>2</sup>	0,94 g/cm <sup>3</sup>	0,0003	(Belirlenmemiş performans) Yoğuşma kontrolünü sağlamak amacıyla buhar kesici bariyer olarak kullanılmıştır.		
	Ekstrüde Polistiren Sert Köpük (XPS) Yalıtım, (HFC-134a şişirilmiştir) <sup>7</sup>	1,671 kg/m <sup>2</sup>	30 kg/m <sup>3</sup>	0,0557*	0,035	1,591	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama <sup>4</sup> 1 kat olarak uygulanmıştır.	0,150 kg/m <sup>2</sup>	1,20 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli <sup>5</sup>	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama <sup>4</sup> 2 kat olarak uygulanmıştır.	0,300 kg/m <sup>2</sup>	1,20 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
<b>Toplam (İç katmanlar)</b>			0,177	-	1,754		
3	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) <sup>1</sup> 2 kat (1,1 cm + 1 cm) olarak uygulanmıştır.	0,021 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	640 kg/m <sup>3</sup>	0,021	0,130	0,163	0,57

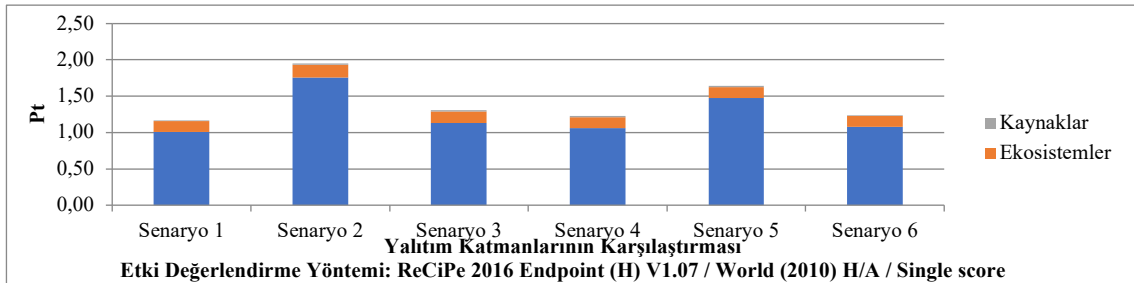
No	Duvar Katmanları	m <sup>2</sup> Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)	U (W/m <sup>2</sup> K)
	Ahşap Karkas Çerçeve <sup>2</sup> (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	0,054 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanılmıştır.		
	Etil Vinil Asetat (EVA), Folyo <sup>6</sup>	0,282 kg/m <sup>2</sup>	0,94 g/cm <sup>3</sup>	0,0003	(Belirlenmemiş performans) Yoğuşma kontrolünü sağlamak amacıyla buhar kesici bariyer olarak kullanılmıştır.		
	Expande Polistiren Sert Köpük (EPS) Yalıtım <sup>8</sup>	1,908 kg/m <sup>2</sup>	30 kg/m <sup>3</sup>	0,0636*	0,040	1,591	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama <sup>4</sup> 1 kat olarak uygulanmıştır.	0,150 kg/m <sup>2</sup>	1,20 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli <sup>5</sup>	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama <sup>4</sup> 2 kat olarak uygulanmıştır.	0,300 kg/m <sup>2</sup>	1,20 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
	<b>Toplam (İç katmanlar)</b>			0,185	-	1,754	
4	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) <sup>1</sup> 2 kat (1,1 cm + 1 cm) olarak uygulanmıştır.	0,021 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	640 kg/m <sup>3</sup>	0,021	0,130	0,163	0,57
	Ahşap Karkas Çerçeve <sup>2</sup> (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	0,054 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanılmıştır.		
	Etil Vinil Asetat (EVA), Folyo <sup>6</sup>	0,282 kg/m <sup>2</sup>	0,94 g/cm <sup>3</sup>	0,0003	(Belirlenmemiş performans) Yoğuşma kontrolünü sağlamak amacıyla buhar kesici bariyer olarak kullanılmıştır.		
	Expande Polistiren Sert Köpük (EPS) Yalıtım, (Grafitli, %6 Geri Dönüştürülmüş) <sup>9</sup>	1,273 kg/m <sup>2</sup>	25 kg/m <sup>3</sup>	0,0509*	0,032	1,591	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama <sup>4</sup> 1 kat olarak uygulanmıştır.	0,150 kg/m <sup>2</sup>	1,20 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli <sup>5</sup>	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama <sup>4</sup> 2 kat olarak uygulanmıştır.	0,300 kg/m <sup>2</sup>	1,20 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
<b>Toplam (İç katmanlar)</b>			0,172	-	1,754		
5	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) <sup>1</sup> 2 kat (1,1 cm + 1 cm) olarak uygulanmıştır.	0,021 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	640 kg/m <sup>3</sup>	0,021	0,130	0,163	0,57
	Ahşap Karkas Çerçeve <sup>2</sup> (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	0,054 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanılmıştır.		
	Etil Vinil Asetat (EVA), Folyo <sup>6</sup>	0,282 kg/m <sup>2</sup>	0,94 g/cm <sup>3</sup>	0,0003	(Belirlenmemiş performans) Yoğuşma kontrolünü sağlamak amacıyla buhar kesici bariyer olarak kullanılmıştır.		
	Cam Yünü Yalıtım, Örtü / Şilte <sup>10</sup>	2,356 kg/m <sup>2</sup>	40 kg/m <sup>3</sup>	0,0589*	0,037	1,591	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama <sup>4</sup> 1 kat olarak uygulanmıştır.	0,150 kg/m <sup>2</sup>	1,20 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli <sup>5</sup>	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama <sup>4</sup> 2 kat olarak uygulanmıştır.	0,300 kg/m <sup>2</sup>	1,20 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
<b>Toplam (İç katmanlar)</b>			0,180	-	1,754		
6	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) <sup>1</sup> 2 kat (1,1 cm + 1 cm) olarak uygulanmıştır.	0,021 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	640 kg/m <sup>3</sup>	0,021	0,130	0,163	0,57
	Ahşap Karkas Çerçeve <sup>2</sup> (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	0,054 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanılmıştır.		
	Etil Vinil Asetat (EVA), Folyo <sup>6</sup>	0,282 kg/m <sup>2</sup>	0,94 g/cm <sup>3</sup>	0,0003	(Belirlenmemiş performans) Yoğuşma kontrolünü sağlamak amacıyla buhar kesici bariyer olarak kullanılmıştır.		
	Taş Yünü Yalıtım, Levha <sup>11</sup>	2,865 kg/m <sup>2</sup>	50 kg/m <sup>3</sup>	0,0573*	0,036	1,591	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama <sup>4</sup> 1 kat olarak uygulanmıştır.	0,150 kg/m <sup>2</sup>	1,20 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli <sup>5</sup>	-	-	0,002	42,700	0,000	

No	Duvar Katmanları	m <sup>2</sup> Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)	U (W/m <sup>2</sup> K)
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama <sup>4</sup> 2 kat olarak uygulanmıştır.	0,300 kg/m <sup>2</sup>	1,20 g/cm <sup>3</sup>	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanılmıştır ve ihmal edilebilir kalınlıktadır.			
	Toplam (İç katmanlar)			0,179	-	1,754	
Kaynaklar	<sup>1</sup> (Url-7) <sup>2</sup> (Ecoinvent 3.8) <sup>3</sup> Yoğunluk bilgisi (Ecoinvent 3.8), λ bilgisi (Arslan ve Aktaş, 2018) <sup>4</sup> (Url-9) <sup>5</sup> (Bowley ve Mukopadhyaya, 2019) <sup>6</sup> (Url-10) <sup>7</sup> (Url-11) <sup>8</sup> Yoğunluk ve λ bilgisi (Ecoinvent 3.8), malzeme kalınlık bilgisi (Url-12)			<sup>9</sup> Yoğunluk ve λ bilgisi (Ecoinvent 3.8), malzeme kalınlık bilgisi (Url-12) <sup>10</sup> Yoğunluk bilgisi (Ecoinvent 3.8), malzeme kalınlık ve λ bilgisi (Url-13) <sup>11</sup> (Url-14) *Sağlaması gereken ısı direnci (R) değerine göre olması gereken minimum kalınlık (d) değeridir. Belirtilen bu kalınlıkta malzeme uygulaması veya üretimi olmasa da, YDD sonucunu etkileyeceği için bu şekilde kabul edilmiştir.			

Çizelge 8’de oluşturulan montaj senaryolarının, sınıf uç noktalarına ve temsili tek puan şeklinde toplam etki değerlerine göre (“ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H/A” yöntemi ile) karşılaştırmalı etki değerlendirme sonuçları Çizelge 9’da gösterilmiştir.

**Çizelge 9.** Duvardaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryolarının karşılaştırmalı etki değerlendirme sonuçları

Sınıf Uç Noktaları	Birim	Senaryo No					
		Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5	Senaryo 6
İnsan Sağlığı	Pt*	1,0085	1,7544	1,1333	1,0572	1,4717	1,0746
	%	86,21	89,74	86,58	86,33	89,65	86,98
Ekosistemler	Pt	0,1501	0,1826	0,1564	0,152	0,1567	0,1508
	%	12,83	9,34	11,95	12,41	9,54	12,21
Kaynaklar	Pt	0,0113	0,018	0,0193	0,0154	0,0133	0,01
	%	0,96	0,92	1,47	1,26	0,81	0,81
Toplam (Tek puan)	Pt	1,1699	1,955	1,3089	1,2245	1,6417	1,2354
	%	100	100	100	100	100	100



\*Pt (Points): Çevresel etkiyi ifade etmek için kullanılan birimdir.

Temsili tek puan şeklinde belirtilen toplam etki değerleri sonuçlarına göre (Çizelge 9), en düşük çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (1,1699 Pt), Senaryo 4 (1,2245 Pt), Senaryo 6 (1,2354 Pt), Senaryo 3 (1,3089 Pt), Senaryo 5 (1,6417 Pt), Senaryo 2 (1,955 Pt) için gerçekleştiği görülmektedir.

### 3.3. Çevresel Açından En İyi Performansı Gösteren Konteyner Duvar Konfigürasyonunun Çevreye Olan Etkisinin Belirlenmesi

Bölüm 3.2’de yapılan karşılaştırmalı etki değerlendirme sonucunda; TS 825 standardına göre Samsun’da uygulanacak bir konteyner konut için, en düşük çevresel etkiyi sağlayarak çevresel açıdan en iyi performansı gösteren duvar konfigürasyonu elde edilmiştir (Çizelge 10).

**Çizelge 10.** En düşük çevresel etkiyi sağlayan konteyner duvar konfigürasyonu (iç mekandan dış mekana doğru)

Katman Grupları	Katmanlar	d (m)
İç Kaplama Katmanları	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) 2 kat (1,1 cm + 1 cm) olarak uygulanmıştır.	0,021
	Ahşap Karkas Çerçeve (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	0,100
Yalıtım Katmanı	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme	0,035
Dış Kaplama Katmanları	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama 1 kat olarak uygulanmıştır.	İhmal edilebilir kalınlıkta
	Konteyner Çelik Duvar Paneli	0,002
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama 2 kat olarak uygulanmıştır.	İhmal edilebilir kalınlıkta

En düşük çevresel etkiyi sağlayan bu duvar konfigürasyonunun nicel olarak çevreye etkilerini belirlemek üzere; etki sınıflarına göre (“ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” yöntemi ile) etki değerlendirme sonuçları ise, Çizelge 11’de gösterilmiştir.

**Çizelge 11.** Çevresel açıdan en iyi konteyner duvar konfigürasyonu için etki sınıflarına göre etki değerlendirme sonuçları

Etki Sınıfları	Birim	Duvar İçin Değerler
Küresel ısınma	kg CO <sub>2</sub> eşdeğeri / m <sup>2</sup>	12,4
Stratosferdeki ozon tüketimi	kg CFC-11 eşdeğeri / m <sup>2</sup>	1,1E-5
İyonlaştırıcı radyasyon	kBq Co-60 eşdeğeri / m <sup>2</sup>	0,542
Ozon oluşumu, İnsan sağlığı	kg NO <sub>x</sub> eşdeğeri / m <sup>2</sup>	0,0957
İnce parçacıklı madde oluşumu	kg PM <sub>2,5</sub> eşdeğeri / m <sup>2</sup>	0,0672
Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler	kg NO <sub>x</sub> eşdeğeri / m <sup>2</sup>	0,0987
Karasal asitleşme	kg SO <sub>2</sub> eşdeğeri / m <sup>2</sup>	0,0804
Temiz sudaki ötrofikasyon	kg P eşdeğeri / m <sup>2</sup>	0,00779
Denizdeki ötrofikasyon	kg N eşdeğeri / m <sup>2</sup>	0,00251
Karasal ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri / m <sup>2</sup>	58,7
Temiz sudaki ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri / m <sup>2</sup>	0,627
Denizdeki ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri / m <sup>2</sup>	0,842
İnsan için kanserojen olmayan kirlilik	kg 1,4-DCB eşdeğeri / m <sup>2</sup>	0,689
İnsan için kanserojen olmayan kirlilik	kg 1,4-DCB eşdeğeri / m <sup>2</sup>	17,1
Arazi kullanımı	m <sup>2</sup> alan mahsul eşdeğeri / m <sup>2</sup>	54,3
Maden kaynağı kıtlığı	kg Cu eşdeğeri / m <sup>2</sup>	0,307
Fosil kaynak kıtlığı	kg yağ eşdeğeri / m <sup>2</sup>	4,93
Su tüketimi	m <sup>3</sup> eşdeğeri / m <sup>2</sup>	0,43

#### 4. SONUÇ

Atık konteyner birimlerin fabrika ortamında uyarlanarak prefabrik ve modüler bir yapı birimi olarak kullanılması, hem limanlardaki atık yönetimini kolaylaştırmakta hem de konteynerlerin içinde yer alan depolanmış çeliğin, yapı endüstrisinin dairesel ekonomisine girmesi ile kaynak korunumunu sağlamaktadır. Çalışmada; bu uygulama ile duvar elemanı için ihtiyaç duyulan ek yapı malzemelerine ait çevresel etkiler incelenmiş ve çevresel tercih edilebilirlik açısından karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda; yapı tasarım aşamasında alınan doğru kararlar ile yapıların yaşam döngüsü boyunca gerçekleştireceği çevresel etkilerin büyük ölçüde azaltılabileceği sonucuna varılmıştır. Bu doğrultuda, yapı yaşam döngüsünü öncelik alan çalışmaların, karar vericilerin bu konudaki farkındalığını ve ilgisini arttırmak için son derece önemli olduğu; yapı tasarımlarındaki malzeme seçiminin önemi vurgulanmıştır.

Konu ile ilgili, gelecekte araştırılması öngörülen çalışmalar ise şunlardır:

- Çalışma, entegre YDD yaklaşımını destekleyecek şekilde (çevresel etkilere ek olarak; ekonomik ve sosyal etkiler ile) geliştirilebilir. Bu doğrultuda, YDD; yapı tasarımcıları tarafından, ekonomik

ve sosyal gereksinimler gibi diğer yönlerde paralel olarak kullanılacak bir karar destek aracı olarak, tasarım sürecinin bir parçası haline getirilebilir.

- Çalışma kapsamında sadece TS 825 standardına göre 2. derece gün bölgesinde olan Samsun için gerçekleştirilen YDD, diğer tüm derece gün bölgeleri için de gerçekleştirilebilir. Ayrıca, her bir derece gün bölgesi için elde edilen sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılarak Türkiye'deki kullanım için en uygun bölge belirlenebilir.

## KAYNAKLAR

- Altun, M., Akgül, Ç. M., Akçamete, A. (2020). Kabuk yalıtımının bina ısıtma enerjisi ihtiyacına, maliyetine ve karbon ayak izine etkisinin yaşam döngüsü bakış açısıyla değerlendirmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(1), 147-164. doi:10.17341/gazimmfd.445751
- Bertolini, M. and Guardigli, L. (2020). Upcycling shipping containers as building components: An environmental impact assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 25(6), 947-963. doi: 10.1007/s11367-020-01747-3
- Curran, M. A. (2008). Life-Cycle Assessment. In S. E. Jorgensen and B. Fath (Eds.), *Encyclopedia of Ecology; Subject Area: Human Ecology*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier BV, pp. 2168-2174.
- Çağlar, T. ve Esmer, S. (2015). Türkiye'de boş konteynerlerin yeniden konumlandırılması sorunu üzerine nitel bir araştırma. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(31), 242-256.
- Dara, C., Hachem-Vermette, C., and Assefa, G. (2019). Life cycle assessment and life cycle costing of container-based single-family housing in Canada: A case study. *Building and Environment*, 163: 106332. doi: 10.1016/j.buildenv.2019.106332
- İslam, H., Zhang, G., Setunge, S., and Bhuiyan, M. (2016). Life cycle assessment of shipping container home: A sustainable construction. *Energy and Buildings*, 128, 673-685. doi:10.1016/j.enbuild.2016.07.002
- Kamazaraly, M. A., Xu, T. H., and Yaakob, A. M. (2017). A feasibility study on container construction in Malaysia. *Journal of Built Environment, Technology and Engineering*, 3(September), 110-119.
- Moore, C. M., Yıldırım, S. G., and Baur, S. W. (2015). Educational adaptation of cargo container design features. In *2015 ASEE Zone III Conference (Gulf Southwest – Midwest – North Midwest Sections)*. Springfield, Missouri.
- Peña, J. A. and Schuzer, K. (2012). Design of reusable emergency relief housing units using general-purpose (GP) shipping containers. *International Journal Of Engineering Research and Innovation*, 4(2), 55-64.
- Rodriguez, J. P., Comtois, C., and Slack, B. (2013). *The geography of transport systems* (Third edition). New York: Routledge.
- Satola, D., Kristiansen, A. B., Houlihan-Wiberg, A., Gustavsen, A., Ma, T., and Wang, R. Z. (2020). Comparative life cycle assessment of various energy efficiency designs of a container-based housing unit in China: A case study. *Building and Environment*, 186: 107358. doi: 10.1016/j.buildenv.2020.107358
- Sevim Koşan, N. ve Beyhan, F. (2023). Atık standart nakliye konteynerinin mimari hacim bağlamında toksisite durumu üzerine bir araştırma. *9.Uluslararası Mimarlık ve Tasarım Kongresi Tam Metin Bildiriler Kitabı*. İstanbul: Güven Plus Grup A.Ş. Yayınları, 332-340.
- TSE. (2013). *TS 825: Binalarda Isı yalıtım kuralları*. Ankara: TSE, 1-83.

## Çizelgelerde Yararlanılan Kaynaklar

- Arslan, M. A. ve Aktaş, M. (2018). İnşaat Sektöründe Kullanılan Yalıtım Malzemelerinin Isı ve Ses Yalıtımı Açısından Değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 2018, 21(2), 299-320. doi: 10.2339/politeknik.407257
- Bowley, W. and Mukopadhyaya, P. (2019). Effect of different climates on a shipping Container passive house in Canada. *Journal of Green Building*, 14(4), 133-153. doi: 10.3992/1943-4618.14.4.133
- Kemaneci, H. İ. (2019). *Seramik Karolarda Isıl Konfor ve Enerji Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 15.
- Sümer, H. (2019). Malzemelerin ve Gazların Isıl İletkenliği. [Web log post]. URL: <https://argevetasarim.com/malzemelerin-ve-gazlarin-isil-iletkenligi/> Son Erişim Tarihi: 13.01.2024.
- Url-1, Polisan Home Cosmetics: Elegans Extra Yarı Mat. URL: [https://www.polisan.com.tr/elegans-extra-yari-mat\\_p135](https://www.polisan.com.tr/elegans-extra-yari-mat_p135) Son Erişim Tarihi: 10.02.2023.
- Url-2, Dalsan: Satentek- Saten Perdah Alçısı. URL: [http://www.dalsan.com.tr/CmsFiles/Documents/TDS\\_satentek\\_foy\\_tr.pdf](http://www.dalsan.com.tr/CmsFiles/Documents/TDS_satentek_foy_tr.pdf) Son Erişim Tarihi: 11.05.2023.
- Url-3, Tepe Betopan: Doküman Merkezi. URL: <https://www.betopan.com.tr/tr/dokuman-merkezi> Son Erişim Tarihi: 11.05.2023.
- Url-4, Pulver: Broşürler. URL: <https://pulver.com.tr/brochures/> Son Erişim Tarihi: 11.05.2023.
- Url-5, Dalsan: Bordo Corex. URL: <https://dalsan.com.tr/UrunDetay/Index/24> Son Erişim Tarihi: 11.05.2023.
- Url-6, Adım Plywood: Kontrplak. URL: <https://adimplywood.com/urunler/kontrplak/> Son Erişim Tarihi: 11.08.2023.
- Url-7, Egger: Egger OSB 3. URL: <https://www.egger.com/tr/building/product-detail/OSB3?country=TR> Son Erişim Tarihi: 13.05.2023.
- Url-8, Fixa Yapı Kimyasalları: Akrikan 200. URL: <https://www.fixa.com.tr/akrikan-200/> Son Erişim Tarihi: 18.05.2023.
- Url-9, Polisan Home Cosmetics: Polimetal Düz. URL: [https://www.polisan.com.tr/polimetal-duz\\_p195](https://www.polisan.com.tr/polimetal-duz_p195) Son Erişim Tarihi: 11.05.2023.
- Url-10, Expafol: EVA 100 Serisi. URL: <https://expafol.com/en/products/eva-2/> Son Erişim Tarihi: 11.05.2023.
- Url-11, İnceten Yalıtım. URL: <https://www.inceten.com/wp-content/uploads/2015/06/Izocam-XPS-Tip-ve-Yogunluk-Tablosu.pdf> Son Erişim Tarihi: 11.05.2023.
- Url-12, Epsa Yalıtım-Yapı Kimyasalları. URL: <https://epsa.com.tr/wp-content/uploads/2024/01/EPsa-KATALOG.pdf> Son Erişim Tarihi: 11.05.2023.
- Url-13, Yapiloji. URL: [https://yapiloji.com.tr/picture/ode-yapi\\_yalitim\\_brosurupdf.pdf](https://yapiloji.com.tr/picture/ode-yapi_yalitim_brosurupdf.pdf) Son Erişim Tarihi: 22.07.2023.
- Url-14, Konyil: Ravaber Taşyünü. URL: <https://www.konyil.com.tr/images/urun/ravaber/ravaber.pdf> Son Erişim Tarihi: 17.04.2023.